Descripció del sistema dunar de sa Marina de s'Arena (Nord de Menorca, Illes Balears)

Francesc X. ROIG-MUNAR, José Ángel MARTÍN-PRIETO, Pere FRAGA, Guillem X. PONS, Antonio RODRÍGUEZ-PEREA i Bernadí GELABERT

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL DE LES BALEARS

Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Fraga, P., Pons, G.X., Rodríguez-Perea, R. i Gelabert, B. 2008. Descripció del sistema dunar de sa Marina de s'Arena (Nord de Menorca, Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 51: 103-116. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

A aquest treball es realitza una descripció del dipòsit eòlic de sa Marina de s'Arena, situat al N de l'illa de Menorca (Illes Balears). Es tracta d'un dipòsit eòlic que, condicionat per l'estructura geològica de l'àrea, es troba desvinculat de la seva font d'alimentació. Tot i açò presenta camps de morfologies dunars actives amb vegetació psammòfila.
Paraules clau: *Menorca, dipòsit eòlic, morfologies dunars, vegetació dunar*.

DESCRIPTION OF THE EOLIAN DEPOSIT OF SA MARINA DE S'ARENA (NORTH OF MINORCA, BALEARIC ISLANDS). This work is the first description of the aeolian deposit of sa Marina de s'Arena, located in the North of Minorca Island (Balearic Islands). Aeolian sands are placed on top of a littoral platform and disconnected from any recent source of sediment. Small parabolic dunes and psamofilous vegetation characterized this deposit.
Keywords: *Minorca, aeolian deposits, parabolic dunes, psamofilous vegetation.*

Francesc X. ROIG-MUNAR; QU4TRE, consultoria ambiental. Es Carritxaret, 18-6, 07749 Es Migjorn Gran, Menorca. Pere FRAGA; Consell Insular de Menorca, Plaça de la Biosfera, 5, 07730 Maó, Menorca, Illes Baleares. José Ángel MARTÍN-PRIETO, Guillem X. PONS (contacte e-mail. guillemx.pons@uib.cat, Antonio RODRÍGUEZ-PEREA i Bernadí GELABERT; Depart. Ciències de la Terra, Universitat Illes Balears. Carretera Valldemossa Km 7,5, Palma. F.X. ROIG-MUNAR, P. FRAGA, G.X. PONS i A. RODRÍGUEZ-PEREA, Institut Menorquí d'Estudis, camí des Castell, 28; 07702 Maó.

Recepció del manuscrit: 19-ago-08; revisió acceptada: 30-des-08.

Introducción

Podem considerar que gairebé tots els sistemes dunars actuals de l'illa de Menorca han estat descrits (Sainz-Amor, 1981, Rita *et al.*, 1988, Servera, 1997, Roig-Munar *et al.*, 2003, 2007), i analitzats al llarg de la darrera dècada (Cardona *et al.*, 2004; Roig-Munar et al., 2006). No obstant, encara queden dipòsits o mantells eòlics de reduïdes proporcions que no han estat objecte d'estudi o anàlisi, i que presenten força interès degut a la seva particular situació, desvinculats en molts casos de l'àrea font d'alimentació sedimentària que els nodreix. Gairebé tots ells estan situats a la costa de N de Menorca. Si bé es cert que la majoria d'ells apareixen cartografiats a les cartes geològiques, aquests queden enfosquits per la magnitud de la geologia que els envolta, i no es coneixen treballs que facin referència com a sistemes actius o

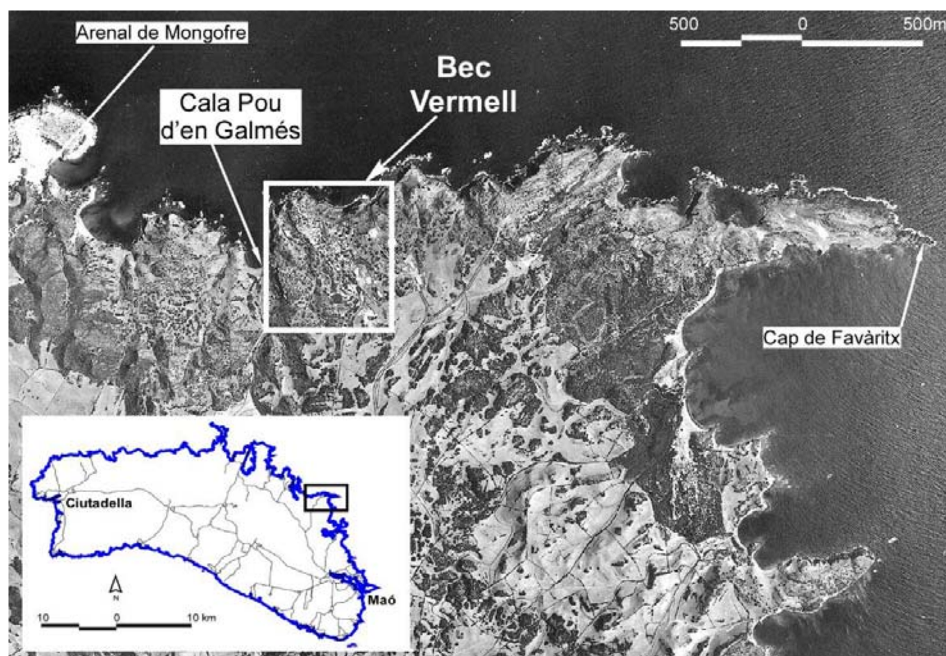


Fig. 1. Localització del mant eòlic de sa Marina de s'Arena, N de Menorca
Fig. 1. *Location of the eolian deposit of sa Marina de s'Arena N. Minorca.*

estabilitzats, i amb presència de formes dunars i vegetació psammòfila associada.

Un possible motiu de la falta d'estudis i descripcions es pot deure a la poca explotació econòmica d'aquests front als sistemes platja-duna.

El cas que ens ocupa, sa Marina de s'Arena, situat a la costa Nord (Fig. 1), constitueix un dipòsit eòlic encara actiu, situat sobre un promontori rocallós, format per eolianites quaternàries. La seva ubicació, lluny de carreteres, urbanitzacions o qualsevol tipus d'assentament humà, i proper a una instal·lació militar, ha fet que fins ara no es realitzàs cap tipus de descripció del sistema. No obstant, aquest dipòsit ho podem observar cartografiat tant al mapa de Bourrouilh (1983), on es representa com a una unitat d'arenes quaternàries al mapa 1:50.000, com al mapa del *Instituto Geológico y Minero de España*, 1:25.000, full 647-IV de Maó - Illa d'en Colom (Rosell i Gómez-Gras, 1989), on es representen com a dunes fixes calcarenítiques, sense fer esment, a cap dels dos treballs, la presència d'un mant eòlic actiu. Les dues cartografies esmentades presenten certes diferències pel que fa la ubicació geològica dels afloraments quaternaris, així com per la seva extensió.

Litologia

La major part dels materials que trobem a la zona de sa Marina de s'Arena són del Paleozoic, concretament fàcies Culm del Carbonífer, interpretats com corresponents a canals i desbordament. Sobre aquests dipòsits es troben de forma discordant i

topogràficament aïllada per l'encaixament dels torrents, calcarenites corresponents a eolianites quaternàries. Aquestes es presenten força erosionades, tal i com es reflecteix als afloraments que trobem al llarg de la línia de costa que separa sa Marina de s'Arena i el Pou d'en Caldes fins la platja de Mongofre. La platja del Pou d'en Caldes presenta un important percentatge de còdols calcarenítics arrodonits, evidència de l'erosió actual d'aquests afloraments del Quaternari exposats a la influència directa de la mar. Els millors afloraments els trobem ubicats formant promontoris planers i associats a divisòries de torrents. L'erosió actual ve marcada per processos de caiguda de blocs als afloraments eolianítics i per esllavissades en massa dels materials del Carbonífer. Associats a aquests desploms trobem camps de blocs angulars d'ordre mètric fruit de caigudes gravitacionals sobre els costers més regularitzats del Paleozoic. La presència d'aquests afloraments eolianítics relacionats amb antics sistemes platja-duna i ubicats a alçades considerables fa pensar amb la importància de moviments eustàtics o de neotectònica al llarg del Quaternari que, a més, ens donaria com a resultat la desvinculació dels dipòsits eòlics més recents de l'actual línia de costa i com a conseqüència, de la seva font d'alimentació sedimentària.

Els materials eòlics que conformen el dipòsit de sa Marina de s'Arena estan formats majoritàriament per arenes bioclàstiques de mida arena fina a mitja, tot i que a la zona més meridional hi podem trobar arenes gruixades.

Règim de vents

D'acord amb les dades de *Puertos del Estado* (Fig. 2) per a la boia de Maó els vents predominants corresponen al primer quadrant. El vent del Nord és el que es presenta amb més freqüència seguit molt a prop del NNE, tots dos superiors al 8 %. En quant a intensitats, els vents de menys de 3 m/s representen poc més del 18 % dels dies.

Descripció geomorfològica

El dipòsit eòlic de sa Marina de s'Arena s'estén sobre un promontori d'eolianites

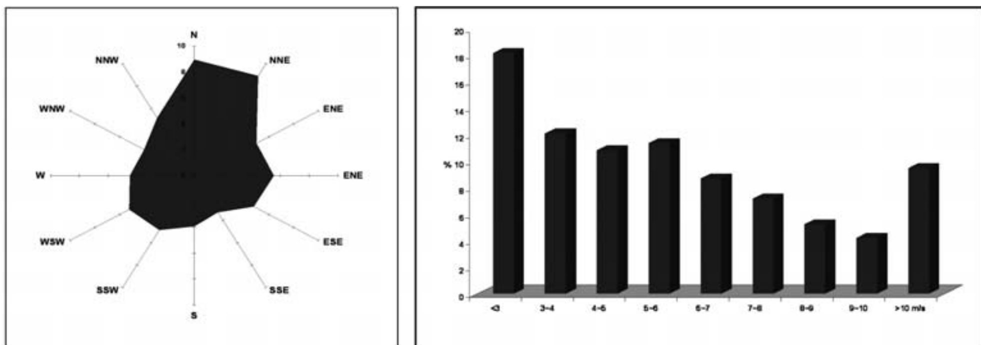


Fig. 2. Règim de vents: direcció, freqüència i intensitat.
Fig. 2. *Wind directions, frequency and intensity.*



Fig. 3. Promontori d'eolianites quaternàries, vist des de l'Oest, damunt del qual se desenvolupen els dipòsits eòlics.
Fig. 3. *Promontory of Quaternary eolianites, viewsa from the west, on which are located the aeolian deposits.*

quaternàries situades discordantment sobre afloraments del Paleozoic (Fig. 3). El dipòsit eòlic més recent no té, hores d'ara, vinculació amb la línia de costa, i se troba "penjat" sobre la plataforma tabular d'eolianites quaternàries, fins una alçada de 66 m sobre el nivell de la mar (Figs. 3 i 4). En total té una extensió aproximada de 74,5 ha on podem trobar diferents morfologies d'acumulació i d'erosió, així com diferents orientacions d'avanç de morfologies dunars. Els dipòsits eòlics actuals també es troben sobre la llera del torrent sa Marina, torrent que a la seva desembocadura, queda penjat a una altura aproximada de 20 m sobre el nivell de la mar. A part del dipòsits sobre la plataforma, la resta del sistema eòlic es desenvolupa en direcció SSE, de forma intermitent. Afloren entre la llera del torrent i el penya-segat fins arribar a la part més tabular del promontori a on es troben amb la gruixa dels dipòsits eòlics.

Espacialment, les formes dunars se desenvolupen des dels llindars dels penya-segats septentrionals, a on trobem morfologies incipients associades a vegetació pròpia de formes dunars dinàmiques. Aquestes morfologies tenen un creixement progressiu amb potència i magnitud en direcció SE. Les primeres formes presenten potències de 0,20 m amb distàncies mitjanes entre formes d'uns 15 m, fins arribar, a mesura que avancem cap a zones més internes, a formes d'1,40 m de potència.

Algunes d'aquestes formes migren cap a la zona interna del dipòsit, on assoleixen les majors potències d'acumulació del sistema, mentre que altres cauen pel penya-segat i es configurarien com a morfologies pròpies de *falling-dunes*. Aquestes morfologies són posteriorment retreballades per fluxos eòlics canalitzats pel torrent com a formes d'ecodunes. Al sector més occidental del sistema trobem les restes d'antigues extraccions d'àrids i de marès.

Al sistema dunar de sa Marina de s'Arena, es poden diferenciar un primer sector que conforma aproximadament el 60% del dipòsit eòlic (Fig. 4, al N de la línia discontínua). Es desenvolupa sobre el promontori d'eolianites i els dipòsits eòlics

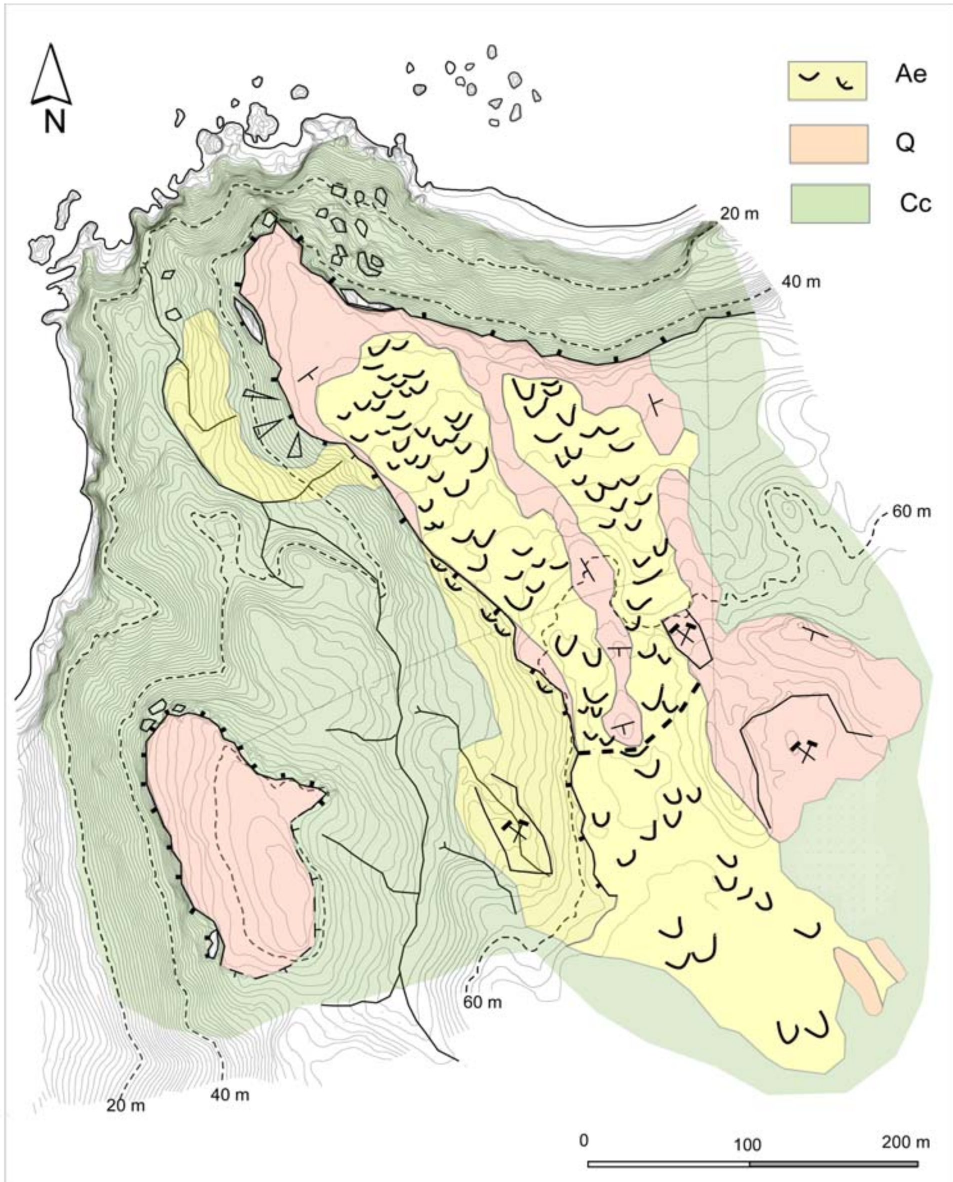


Fig. 4. Cartografia geomorfològica del sistema de sa Marina de s’Arena. **Ae**: arenes eòliques (morfologies parabòliques, clots de deflació i ecodunes), **Q**: eolianites quaternàries (cabussament dels sets) i **Cc**: Carbonífer en fàcies Culm.

Fig. 4. *Geomorphological mapping system of sa Marina de s’Arena.* ***Ae****: aeolian sands (parabolic dunes, deflaction hollows and ecodunes),* ***Q****: Quaternary aeolianites (inclination of the sets) i* ***Cc****: Carboniferous Culm facies.*

es troben encaixats entre dos suaus relleus formats per dunes quaternàries. El segon sector es troba terra endins de l'anterior i en ell, els materials eòlics es fan més extensos recobrint la pràctica totalitat de la plataforma quaternària. El llindar entre aquests dos sectors ve reflectit, uns 360 m terra endins, per un canvi de pendent que assenyala l'existència d'un petit camp de lòbuls d'acumulació. Fins aquest punt la topografia presentava un pendent suau vers la mar, inferior al 3 % (Perfil D, Fig. 5). A partir d'aquest punt el mant eòlic assoleix la seva major potència (> 2 m) i presenta tan sols formes eòliques d'acumulació. A la part més interna de l'acumulació, els dipòsits dunars, molt vegetats i protegits dels fluxos eòlics més intensos, es troben erosionats per un petit xaragall que condueix les seves aigües vers el Sud (680 m terra endins al Perfil D, Fig. 5).

Les morfologies predominants al primer sector es desenvolupen a partir de clots de deflació (*deflation basin*, Hesp, 2002) amb mides que oscil·len de decimètriques a mètriques en alçària i entorn als 10 m de llargària, fins a dunes parabòliques simples i compostes (digitades principalment) de mides més variables: fins 1,4 m en alçaria i en torn als 15 m en llargàries. L'orientació de major freqüència dels seus eixos es vers el SSE amb escassa variabilitat direccional. A la part més interna presenten direccions més meridionals (Figs. 4, 6 i 7).

Al segon sector, situat a la part més interna de l'acumulació, predomina la sedimentació, mentre que els processos erosius vénen determinats tan sols per l'acció fluvio-torrencial, tal i com es pot observar al Perfil D (Fig. 5), que en el seu extrem SE reflexa la concavitat corresponent. Els dipòsits eòlics se troben en aquest sector recoberts per vegetació de port arbustiu i arbori. Les seves morfologies no poden ser reconegudes al camp i només han estat representades a la cartografia aquelles que han pogut ser identificades amb fotointerpretació. Es tracta de dunes parabòliques simples de mida mètrica i amb direccions dels seus eixos vers el SSE (Fig. 4).

Un tercer sector del sistema, es troba associat al marge oriental de la conca torrencial a la seva part més interna, i el seu

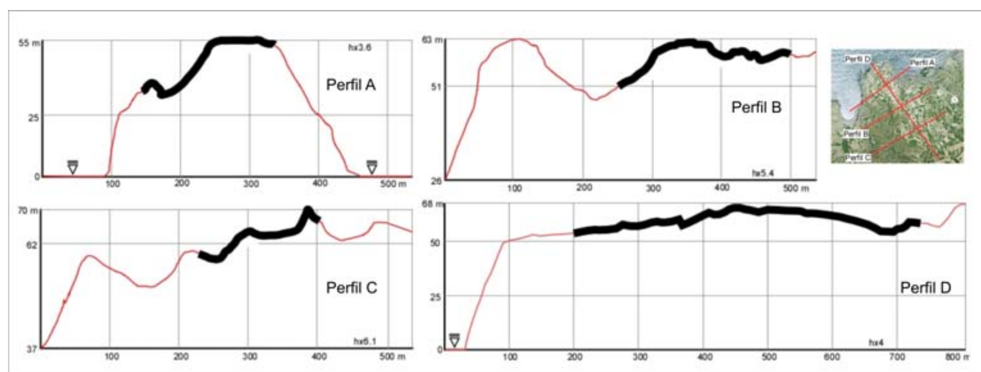


Fig. 5. Perfils topogràfics amb exageració vertical dels dipòsits de sa Marina de s'Arena. Sobre cada perfil s'assenyalen la posició dels dipòsits eòlics.

Fig. 5. *Topographic profiles with vertical exaggeration of the deposits os sa Marina de s'Arena. On each profile the location of the aeolian deposits.*



Fig. 6. Clot de deflació del primer sector (*deflation basin*, Hesp, 2002).
Fig. 6. *Deflation basin of the first sector (after Hesp, 2002).*

desenvolupament està condicionat per la paret occidental de la plataforma quaternària (perfils B i C, Fig. 5). Els vents predominants del primer quadrant (Fig. 2), responsables de les morfologies d'erosió a la part més septentrional del primer sector dunar, transporten el sediment vers les zones més internes del primer sector i l'acumulen en el segon sector dunar, però també envien sediment vers la conca del torrent de sa Marina. Aquest transport acumula arena al peu del penya-segat, principalment per efecte dels vents del NE, mentre que quan bufa el vent de direccions N i NW la vall del torrent, abans esmentat, canalitza el flux vers el penya-segat donant lloc a petites morfologies d'ecodunes (Fig. 4). La resta dels dipòsits eòlics se troben en forma de lòbul situat a la llera del torrent, prop del final del seu recorregut (perfil A, Fig. 5) i està recobert per un important esbaldrec. Probablement, els materials eòlics siguin fruit de l'erosió dels dipòsits dunars abans situats a sobre de l'extrem NNE de la plataforma quaternària, pels vents del primer quadrant.

Flora i vegetació

L'inventari florístic fet a l'arenal de sa Marina de s'Arena durant l'any 2008 mostra l'existència d'un mínim de 98 tàxons de flora vascular (Taula 1). La presència d'espècies lligades habitualment a ambients de sols arenosos és relativament baixa amb 9 tàxons (9%): *Helichrysum stoechas* (L.) Moench., *Lotus cytisoides* L., *Medicago littoralis* Rohde ex Loisel., *Reichardia tingitana* (L.) Roth, *Scabiosa atropurpurea* var. *maritima* (L.) Fiori et



Fig. 7. Dunes parabòliques del primer sector.
Fig. 7. *Parabolic dunes of the first sector.*

Aetheorhiza bulbosa subsp. bulbosa (L.) Cass.
Ajuga iva subsp. pseudoiva (DC.) Briq.
Ampelodesmos mauritanica (Poir.) T. Durand et Schinz
Anagallis arvensis subsp. arvensis L.
Anthemis maritima subsp. maritima L.
Arenaria leptoclados (Rchb.) Guss.
Asparagus acutifolius L.
Asparagus stipularis Forssk.
Asphodelus aestivus Brot.
Asteriscus aquaticus (L.) Less.
Astragalus balearicus Chater
Bellardia trixago (L.) All.
Bellis annua subsp. annua L.
Blackstonia perfoliata subsp. serotina (Koch ex Rchb.) Vollm.
Brachypodium phoenicoides (L.) Roem. et Schult.
Brachypodium retusum (Pers.) Beauv.
Bromus rubens L.
Bupleurum semicompositum L.
Calicotome spinosa (L.) Link
Campanula erinus L.
Carex flacca Schreb.
Carlina corymbosa subsp. corymbosa L.
Carthamus lanatus L.
Centaurium erythraea subsp. majus (Hoffmanns. et Link) Melderis
Centaurium spicatum (L.) Fritsch
Centaurium tenuiflorum (Hoffmanns. et Link) Fritsch
Centranthus calcitrapae subsp. calcitrapae (L.) Dufr.
Convolvulus althaeoides subsp. althaeoides L.
Cuscuta epithymum subsp. kotschyi (Des Moul.) Arcang.
Dactylis glomerata subsp. hispanica (Roth) Nyman
Daucus carota subsp. carota L.
Desmazeria marina (L.) Druce
Dittrichia viscosa subsp. viscosa (L.) Greuter
Ephedra fragilis Desf.
Erica multiflora L.
Eryngium campestre L.
Euphorbia maresii subsp. maresii Knoche
Evax pygmaea (L.) Brot.
Femeniasia balearica (J.J. Rodr.) Susanna
Filago pyramidata subsp. pyramidata L.
Gladiolus illyricus Koch
Hedypnois rhagadioloides (L.) F.W. Schmidt
Helichrysum stoechas (L.) Moench
Hyoseris radiata subsp. radiata L.
Hypochoeris achyropohrus L.
Lagurus ovatus subsp. ovatus L.
Launaea cervicornis (Boiss.) Font Quer et Rothm.
Limonium echioides (L.) Mill.
Limonium virgatum (Willd.) Fourr.
Lonicera implexa Aiton
Linum strictum subsp. strictum L.
Lobularia maritima subsp. maritima (L.) Desv.
Lotus cytisoides L.
Medicago littoralis Rohde ex Loisel.
Micromeria filiformis (Aiton) Benth.
Olea europaea var. sylvestris Brot.
Ononis reclinata subsp. mollis (Savi) Beg.
Ophrys bombyliflora Link
Ophrys fusca subsp. fusca Link
Pallenis spinosa var. gymnesica O. Bolòs et P. Monts.
Phagnalon saxatile (L.) Cass.
Phagnalon sordidum (L.) Rchb.
Phyllirea angustifolia L.
Phyllirea media var. rodriguezii P. Monts.
Pinus halepensis var. halepensis Mill.
Piptatherum miliaceum (L.) Coss.
Pistacia lentiscus L.
Plantago lagopus L.
Plantago weldenii Rchb.
Polycarpon polycarpoides subsp. colomense (Porta) Pedrol
Reichardia tingitana (L.) Roth
Romulea assumptionis Garcias Font
Rosmarinus officinalis L.
Rubia peregrina var. longifolia (Poir.) Rouy
Rumex bucephalophorus subsp. aegeus Rech. f.
Ruscus aculeatus L.
Ruta angustifolia Pers.
Salvia verbenaca subsp. verbenaca L.
Scabiosa atropurpurea var. maritima (L.) Fiori et Paol.
Schoenus nigricans L.
Scirpus holoschoenus var. holoschoenus L.
Scorpiurus subvillosus L.
Scrophularia ramosissima Loisel.
Sedum rubens L.
Senecio rodriguezii Willk. ex J.J. Rodr.
Silene sclerocarpa L. Dufour
Silene secundiflora Otth
Smilax aspera var. aspera L.
Teucrium marum subsp. spinescens (Porta) Valdés-Berm.
Trifolium angustifolium L.
Trifolium campestre Schreb.
Trifolium scabrum L.
Triplachne nitens (Guss.) Link
Urginea maritima (L.) Baker
Urginea pancration (Steinh.) Philippe
Urospermum dalechampii (L.) Scop. ex F.W. Schmidt
Valantia muralis L.
Verbascum sinuatum L.

Taula 1. Catàleg florístic de sa Marina de s'Arena.
Table 1. *Checklist from sa Marina de s'Arena.*

Paol., *Scrophularia ramosissima* Loisel., *Silene sclerocarpa* L. Dufour i *Triplachne nitens* (Guss.) Link. A més, d'aquests, només els quatre darrers presenten a l'illa un àrea de distribució restringida als sistemes dunars o arenals. Aquesta representació és sensiblement menor a altres sistemes dunars descrits recentment (Roig *et al.*, 2007). Tot i aquest baix nombre d'espècies, destaca la citació *Triplachne nitens* que amb aquesta nova localitat i les trobades darrerament (Fraga *et*

al., 2004; Roig *et al*., 2007) es pot considerar com una espècie habitual en els arenals de Menorca.

L'element endèmic o de distribució restringida està representat per un mínim de 12 tàxons (14%). Per bé que la majoria d'ells estan àmpliament distribuïts per l'illa, també s'ha de destacar la presència de *Femeniasia balearica* (J.J. Rodr.) Susanna i *Urginea pancration* (Steinh.) Philippe, el primer endèmic de Menorca i amb una distribució restringida a tres localitats, i el segon no endèmic però de taxonomia encara no del tot aclarida i que a Menorca presenta sempre poblacions reduïdes en extensió i nombre d'individus (Fraga *et al*., 2003). D'aquestes tàxons endèmics, només *Scrophularia ramosissima* Loisel., creix exclusivament en ambients dunars. *Polycarpon colomense* Porta i *Senecio rodriguezii* Willk. ex J.J. Rodr., també hi són habituals encara que també són freqüents en altres hàbitats litorals com els roquissars o els costers pedregosos.

La resta de tàxons correspondrien a la vegetació que es pot trobar a dues comunitats vegetals prou habituals a l'illa: la marina d'aladern (*Aro picti-Phyllireetum rodriguezii* O. Bolòs et R. Mol. 1999) i la marina de xipell i romaní (*Loto tetraphylli-Ericetum multiflorae* O. Bolòs et R. Mol. 1958). La primera és especialment més abundant a la Tramuntana de l'illa i forma un dels paisatges vegetals més característics de les zones litorals abatudes pel ven tramuntana (Cardona, 1979; Bolòs, 1996). No té una preferència edàfica marcada. La segona es troba arreu de l'illa, tant a la costa com a l'interior, però sí que mostra una clara preferència pels sols calcaris (Bolòs, 1996). La seva presència en aquesta localitat, on hi solen predominar els sols de naturalesa silícia, es justifica precisament per la presència d'aquest arenal i tot el conjunt de dunes fòssils que l'acompanyen. Justament sol ser quan hi ha aquesta conjunció de sols silicis i calcaris que es produeixen les majors concentracions de biodiversitat vegetal i també acostumen a ser punts amb una proporció més elevada d'endemismes. Un bon exemple és la zona del Pou d'en Caldes (Cardona, 1981) que es una continuació d'aquesta localitat d'estudi. Dins aquest grup majoritari de tàxons més generalistes destaca la presència d'*Ononis reclinata* subsp. *mollis* (Savi) Beg., un tàxon considerat com a molt rar pel conjunt de la flora de Menorca (Fraga *et al*., 2004), encara que aquesta situació pot ser a causa d'una falta de recol·lecció. En qualsevol cas, les poblacions conegudes anteriorment tenen un ecologia prou semblant a aquesta (Fraga i Garcia, 2005). La presència de tàxons d'ambients més humits, com *Scirpus holoschoenus* L., es justifica pel contacte existent entre el torrent que drena una part d'aquesta zona i una llengua de l'arenal a la part més propera a la costa. De manera semblant, els blocs calcaris de dunes fòssils afavoreixen la presència d'espècies de tendència més rupícola com *Phagnalon sordidum* (L.) Rchb. o la mateixa *Urginea pancration*.

Amb aquests tres grups d'elements florístics es pot dir que sa Marina de s'Arena és un arenal que bona part d'ell presenta un nivell de consolidació prou elevat fins el punt de permetre ja l'establiment de comunitats vegetals que són habituals de sols no arenosos, o amb un dinamisme molt baix de l'arena. Però al mateix temps, dins aquest sistema hi apareixen també plantes que són indicadores d'una falta d'estabilització. Com es de suposar la distribució d'aquestes plantes per una banda és coincident amb aquells punts on des de d'un punt de vista geomorfològic es pot apreciar aquest fet (Fig. 4). A més la presència d'aquestes més cap a l'interior (Fig. 4) també és coincident

amb les espècies que s'hi han trobat. *Scrophularia ramosissima* o *Helichrysum stoechas*, a Menorca són espècies habituals de la part més interior dels sistemes dunar o dels arenals de l'interior de l'illa on caracteritzen una comunitat vegetal típica d'aquests ambients: *Ononido-larietum Scro phuminoricensis* O. Bolòs, R. Mol. et P. Monts. 1970. Tanmateix en aquesta localitat tot i haver-hi les espècies característiques mostra un desenvolupament menor del que es podria esperar tot i l'existència dels espais oberts que li són més favorables. En canvi, el que potencialment seria el seu lloc sol estar ocupat per una variant de la comunitat de socarells (*Launaeetum cervicornis*) formada bàsicament per tres espècies: *Astragalus balearicus* Chater, *Launaea cervicornis* (Boiss.) Font Quer et Rothm. i *Teucrium marum* subsp. *spinescens* (Porta) Valdés-Berm. Especialment la primera és abundant i forma poblacions amb alguns exemplars de dimensions considerables. Aquesta anomalia en la vegetació pot tenir l'explicació en l'elevada exposició al vent del nord que tenen aquests espais oberts i també que el mateix arenal es troba en una de les zones on la comunitat de socarrells té un desenvolupament més important amb un clar protagonisme d'aquestes tres espècies.

Però les evidències sobre l'existència d'un dinamisme de l'arena no es limiten a aquesta comunitat vegetal. Alguns dels petits teròfits que figuren a l'inventari florístic a Menorca són components habituals d'una comunitat vegetal que sol aparèixer en els talussos d'arena que es formen per l'efecte de barrera que tenen les basses de les plantes arbustives. L'arena d'aquestes petites dunes sol tenir un elevat contingut amb matèria orgànica i per açò hi troben el lloc adient per créixer aquestes petites anuals de tendència nitròfila que altrament també solen ser habituals en petites escletxes i replans de roques. Malgrat que es tracti d'un dinamisme de baixa intensitat, la seva presència en punts prop del marge del penyal, on aparentment no hi ha morfologies dunars molt evidents, podria ser un indici de què encara existeix un cert flux entrant de material nou per l'acció del vent com ja s'ha comentat en la descripció geomorfològica.

Amb tot açò, des del punt de vista florístic, el que es pot veure a sa Marina de s'Arena és un arenal que amb bona part presenta una vegetació que indica una important consolidació de l'arena. La relativa abundància d'espècies que tenen un procés d'establiment més lent com *Ruscus aculeatus* L. seria una prova més d'aquest nivell consolidació. Però també hi són presents processos dinàmics. Aquests se situen en dues zones: per una banda cap a la part més interior on es poden veure fenòmens de reactivació de la morfologia dunar amb la presència de la comunitat *Ononido-Scrophularietum minoricensis,* i per l'altra, a una escala molt menor, cap a la costa per l'efecte captador de les bases de les plantes llenyoses amb la presència de la comunitat de petits teròfits nitròfils.

Encara que l'estat de conservació del sistema en general és bo, s'ha de fer notar l'existència de dues alteracions que de manera diferent han influït o encara hi estan actuant damunt la vegetació. La primera és una extracció d'arena que es va fer durant els anys 70 i que afectà una de les àrees amb una presència més important de la comunitat de socarrells. Segons sembla aquesta activitat no arribà a prosperar o va ser només un fet puntual i actualment la zona afectada mostra símptomes clars de regeneració de la vegetació. La segona encara està completament activa i és una amenaça greu que en aquests moments està provocant un deteriorament evident de la vegetació. Consisteix en la plantació de

Pinus halepensis Mill. que es va fer durant els anys 90 del segle passat a la part més interior, precisament on hi havia una major presència de la comunitat *Ononido-Scrophularietum minoricensis*. Aquesta espècie pràcticament no existeix en tota la zona de Favàritx, i per la majoria de poblacions que s'hi coneixen sembla haver-hi evidències d'un clar origen antròpic. El creixement ràpid i els canvis que provoca en el sòl i les condicions ambientals està provocant ja en aquests moments un clar empobriment de la diversitat d'espècies vegetals, una situació que en pocs anys encara serà molt més evident. Per tant, una gestió adequada passaria per l'eliminació de la població introduïda d'aquesta espècie.

Discussió

Els dipòsits eòlics de sa Marina de s'Arena se situen sobre una plataforma d'eolianites quaternàries, desconnectades de qualsevol font d'alimentació coneguda. Per explicar aquest fet cal considerar dues hipòtesis: la primera resultaria d'una accelerada erosió litoral que seria la responsable de la formació i del retrocés del penya-segat actual, la segona, vindria definida per una fracturació normal paral·lela a la línea de costa que ens enfonsaria el bloc de mar. A favor de la primera tindríem la feblesa dels materials carbonífers i en el seu contra que no existeix una correlació entre els entrants de la costa i la presència d'aquests dipòsits. A favor de la segona estaria la linealitat de la zona litoral i l'absència de correlació abans esmentada. Cal un treball específic que abastàs altres zones per establir la causa de la desconnexió de sa Marina de s'Arena, però el fet que aquí ens interessa es remarcar que a l'actualitat els seus dipòsits no tenen alimentació d'arenes externes a ells mateixos (Fig. 8).

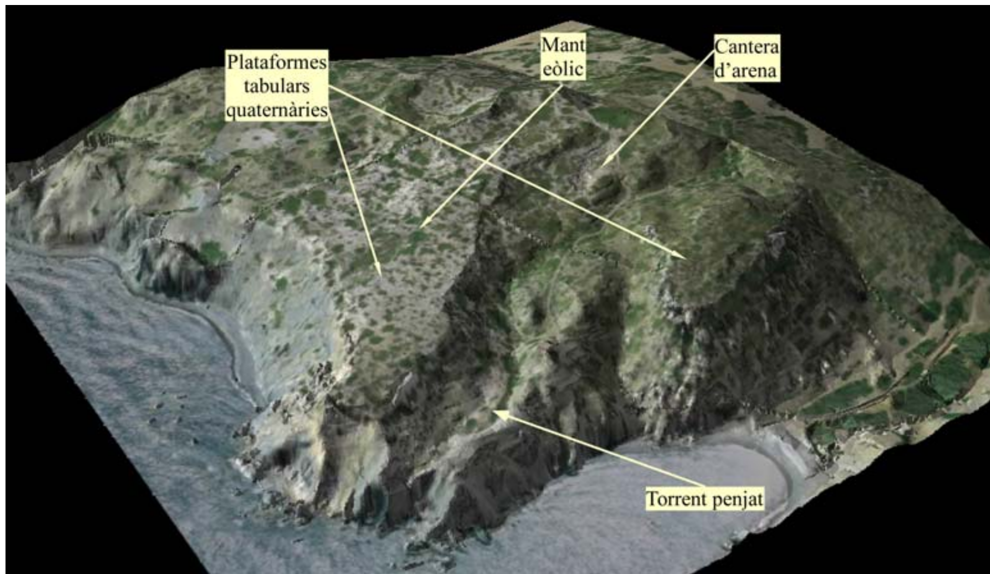


Fig. 8. MDT de sa Marina de s'Arena amb els seus elements principals.
Fig. 8. *MDT of sa Marina de s'Arena with its main elements.*

A part d'aquest fet diferencial, o precisament en raó seva, la part frontal d'aquest dipòsit –la que se situa més al N i al NNE- presenta un grau d'erosió tan elevat que permet l'aflorament dels tipus clot de deflació (deflation basin, Hesp, 2002) i en menor mida per dunes parabòliques, i un sector meridional dominat per formes parabòliques, amb materials calcarenítics infrajacents.

Així doncs, el conjunt arenós presenta dues zones prou definides: un sector septentrional, on dominen els processos d'erosió, caracteritzat per morfologies dunars del simples com compostes. A la part més interna, a on les gruixes de sediment eòlic són més elevades, hi trobem erosions fluvio-torrencials definides per un tàlveg vessant terra endins.

Altres dinàmiques que caracteritzen sa Marina de s'Arena vénen produïdes pel tàlveg del torrent de sa Marina, situat a ponent del afloraments dunars (Figs. 2 i 8). La seva posició a sotavent dels fluxos eòlics predominants fa que una part del sediment transportat quedi atrapat al vessat oriental de la seva vall i pugui, amb vents del N al NW, definir morfologies d'ecodunes al peu del penya-segat llindar de sa Marina de s'Arena per ponent.

Les morfologies dunars descrites es troben cobertes per una comunitat vegetal característica de substrats calcaris mòbils. Però és important destacar que tot el sistema presenta una elevada riquesa florística que es manifesta en la presència de nombroses comunitats vegetals. Aquesta situació és fruit del seu estat d'evolució. Al coincidir en ell des d'àrees estabilitzades fins a altres amb un elevat dinamisme es produeix una important diversificació d'hàbitats que expliquen en bona part aquesta diversitat de plantes. Tot i que la conservació dels ecosistemes vegetals de la zona es prou bona, cal assenyalar l'amenaça d'una replantació de pins que posa en perill la persistència de les comunitats vegetals típiques d'aquests ambients, per altra banda no molt freqüents a l'illa i relativament rics en endemismes vegetals.

Agraïments

Aquest article ha estat possible gràcies a l'ajuda de l'Institut Menorquí d'Estudis per al projecte: *Cartografia i anàlisi geoambiental dels mants eòlics desvinculats de la línia de costa de Menorca*, Societat d'Història Natural de les Balears.

Bibliografia

Bourrouilh, R. 1973. Stratigraphie, sediméntologie et tectonique de l'île de Minorque et du Nord-Est de Majorque (Baléares). La terminasion Nord-orientale des Cordillères Bétiques en Méditerranée occidentale. *Memorias del Instituto Geológico y Minero de España* 99, 1-672.

Cardona, M.A. 1979. *Botànica*. Enciclopèdia de Menorca. Obra Cultural de Menorca. Ciutadella.

Cardona, M.A. 1981. Estudi de les zones d'interès botànic i ecològic de Menorca. Consell Insular de Menorca. Ciutadella de Menorca.

Cardona, X., Carreras, D., Fraga, P., Roig-Munar, F.X. i Estaún, I. 2004. Avaluació de l'estat dels sistemas dunars de Menorca 2002. *In*: Pons, G.X (Edit). IV Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums. Soc. Hist. Nat. Balears. Palma de Mallorca. 307-308.

Fraga, P., Mascaró, C., Carreras, D., Garcia, O., Pallicer, X., Pons, M., Seoane, M. i Truyol, M. 2004. *Catàleg de la flora vascular de Menorca.* Institut Menorquí d'Estudis. Maó.

Fraga, P. i Garcia, O. 2004. Notes i contribucions al coneixement de la flora de Menorca (VI). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears,* 47: 143-152.

Fraga, P., Garcia, O. i Pons, M. 2003. Notes i contribucions al coneixement de la flora de Menorca (V). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 46: 51-66.

Hesp, P.A. 2002. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology*, 48: 245-268.

Rita, J., Rodríguez-Perea, A i Tébar, F. 1988. Sistemas dunares de Menorca. Valoración Geoambiental y estado de conservación. IME inèdit, 109 p.

Roig-Munar, F.X., Juaneda J. i Quintana, R. 2003. El sistema de dunas remontantes de cala Macarelleta (Menorca), un sistema condicionado por las orientaciones de umbría y solana. *In:* Blanco, R.; López, J. i Pérez, A. (Eds.): *Procesos geomorfológicos y evolución costera*. Univ. de Santiago de Compostela, 133-138.

Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J. A., Comas, E. i Rodríguez-Perea, A. 2006. Space-time analysis (1956-2004) of human use and management of the beach dune systems ofMenorca (Balearic Islands) *Journal of Coastal Research Sp. Iss.* 48: 107-111.

Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J. Á. i Fraga, P. 2007. Descripció del sistema dunar de Cala en Carbó (NW Menorca, Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears,* 50: 77-85.

Rosell, J. i Gómez-Gras, D. 1989. Mapa Geológico Minero de España E: 1:25.000, segunda serie-primera edición, Maó (Illa d'en Colom) Hoja 647 IV

Sainz-Amor, S. 1981. Los arenales costeros de la isla de Menorca. *Acta Geológica Hispánica*, 16. núm 4, pp 207-210

Servera, J. 1997. *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears*. Tesi Doctoral, 2 vols. UIB.